

**Interaksi Genotipe x Lingkungan dan Stabilitas Karakter Agronomi Kedelai
(*Glycine max* (L.) Merrill)
[Genotype x environment interaction and agronomic characters stability of soybean
(*Glycine max* (L.) Merrill)]**

Titik Sundari* & Novita Nugrahaeni

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Jl. Raya Kendalpayak, Km 8, Kotak Pos 66 Malang
65101. **Email:** titik_iletri@yahoo.co.id; nnugrahaeni@gmail.com

Memasukkan: September 2015, **Diterima:** Maret 2016

ABSTRACT

Research aimed to determine effect of genotype x environment interactions (GEI) on agronomic characters and yield stability of soybean genotypes were conducted at eight locations, namely Ngawi, Probolinggo, Banyuwangi, Jember, Malang, Sleman-Yogyakarta, Rembiga and Sesela-West Lombok. Materials used in the study were nine soybean genotypes consisting of six promising lines and three improved cultivars (Malabar, Wilis, and Ringgit). A randomized complete block design was used in each location, repeated four times. Observations were made on flowering days, maturity days, plant height, number of filled pods, seed weight per plant, 100 seed weight and seed yield. Results showed that the effect of GEI was significant on all of the observed agronomic characters. Maturity days, filled pods number, seed weight per plant, and seed yield were predominantly influenced by environmental factors, plant height and 100 seed weight were predominantly influenced by genetic factors, whereas flowering days was influenced by GEI. Genotype I/M-824-19 was stable with yield average lower compared to that of all genotypes and Agl/I-1114-8 was stable with yield average higher than the yield average of all genotypes. Wilis and M/IB-895-2 were classified as unstable, but gave yield average higher than the yield average of all genotypes.

Keywords: adaptation, promising lines, soybean, stable

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh interaksi genotipe x lingkungan terhadap karakter agronomi dan stabilitas hasil genotipe kedelai. Penelitian dilaksanakan di delapan lokasi, yaitu Ngawi, Probolinggo, Banyuwangi, Jember, Malang, Sleman-Yogyakarta, Rembiga dan Sesela-Lombok Barat. Bahan yang digunakan adalah sembilan genotipe kedelai yang terdiri dari enam galur harapan dan tiga varietas (Malabar, Wilis, dan Ringgit). Rancangan percobaan yang digunakan di setiap lokasi adalah rancangan acak kelompok lengkap, diulang empat kali. Pengamatan dilakukan terhadap karakter agronomis seperti umur berbunga, umur masak, tinggi tanaman, jumlah polong isi, bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, dan hasil biji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi genotipe x lingkungan berpengaruh nyata terhadap semua karakter agronomis yang diamati. Umur masak, jumlah polong isi, bobot biji per tanaman dan hasil biji lebih ditentukan oleh faktor lingkungan, tinggi tanaman dan bobot 100 biji lebih ditentukan oleh faktor genetik, sedangkan umur berbunga ditentukan oleh faktor interaksi genotipe x lingkungan. Genotipe I/M-824-19 tergolong stabil dengan rerata hasil di bawah rerata hasil seluruh genotipe dan Agl/I-1114-8 tergolong stabil dengan rerata hasil lebih tinggi dari rerata hasil seluruh genotipe. Wilis dan M/IB-895-2 tergolong tidak stabil, memiliki rerata hasil di atas rerata hasil seluruh genotipe.

Kata Kunci: adaptif, galur harapan, kedelai, dan stabil

PENDAHULUAN

Dalam upaya memenuhi kebutuhan kedelai nasional, pemerintah telah memberikan perhatian yang lebih melalui kebijakan pangan nasional yang tertuang dalam Permentan No. 14/Permentan/OT.140/2/2015 tentang upaya khusus peningkatan produksi padi, jagung, dan kedelai. Salah satu upaya yang dilakukan adalah peningkatan produksi kedelai, yang ditempuh melalui peningkatan produktifitas dan

luas areal tanam. Luas areal tanam kedelai nasional mencapai 613.885 ha (BPS 2015), dan perluasan areal tanam yang dicanangkan oleh pemerintah untuk tahun 2016 mencapai 1.000.000 ha dan luas panen 953.200 ha (Ditjenta 2015). Perluasan areal tanam kedelai seringkali dihadapkan pada kondisi lahan yang beragam. Pada kondisi yang demikian, seringkali memunculkan tidak stabilnya penampilan kedelai. Hal ini disebabkan adanya interaksi genotipe x lingkungan (GE), yaitu perbedaan respon antar

galur akibat pengaruh kondisi lingkungan. Perbedaan penampilan dari suatu genotipe terhadap perubahan lingkungan dapat dijelaskan melalui pengaruh interaksi genotipe x lingkungan (Reza *et al.* 2007).

Informasi tentang interaksi genotipe x lingkungan dan stabilitas penting di dalam menentukan pola adaptasi galur yang akan dilepas sebagai varietas unggul baru, dan menentukan rekomendasi dari varietas yang akan dilepas (Yan 2011; Jandong *et al.* 2011) sekaligus untuk mendapatkan hasil yang tinggi dan stabil (Popovic 2010). Genotipe unggul dengan penampilan stabil diidentifikasi melalui evaluasi di sejumlah lokasi atau musim atau lingkungan lainnya (Thanki *et al.* 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh interaksi genotipe x lingkungan terhadap karakter agronomi dan stabilitas hasil beberapa galur harapan dan varietas kedelai.

BAHAN DAN CARA KERJA

Sembilan genotipe kedelai yang terdiri dari enam galur harapan (IB/K-169-3, IB/K-872-1, M/IB-895-2, I/Argp-1048-13, I/M-824-19, dan Agl/I-1114-8), dan tiga varietas pembanding (Malabar, Wilis, dan Ringgit) diuji di delapan lokasi, yaitu Ngawi, Probolinggo, Banyuwangi, Jember, Malang, Sleman-Yogyakarta, Rembiga (Lombok Barat), dan Sesela (Lombok Barat), dengan lingkungan yang berbeda (Tabel 1). Rancangan percobaan yang digunakan di setiap lokasi adalah rancangan acak kelompok, diulang empat kali. Setiap genotipe ditanam pada plot dengan luasan 12 m²/ulangan, jarak tanam 40 cm x 15 cm, dua tanaman per lubang. Tanaman dipupuk dengan dosis 75 kg/ha Urea + 100 kg/ha SP36 + 100 kg/ha KCl. Pemupukan dilakukan pada saat tanam. Pengendalian gulma, hama dan penyakit dilakukan secara intensif.

Pengamatan dilakukan terhadap umur berbunga, umur masak, tinggi tanaman, jumlah polong isi,

berat biji per tanaman, berat 100 biji, dan hasil biji. Pengamatan terhadap umur berbunga, umur masak, dan hasil biji didasarkan pada hamparan plot (populasi dalam satu plot), sedangkan pengamatan tinggi tanaman, jumlah polong isi, berat biji per tanaman, dan berat 100 biji dilakukan terhadap 10 tanaman contoh. Pengamatan umur berbunga dilakukan apabila 50% populasi satu plot sudah berbunga. Pengamatan umur masak dilakukan pada saat 90% polong dari populasi satu plot sudah menunjukkan perubahan warna menjadi kuning.

Data dianalisis per lokasi, kemudian dianalisis ragam secara gabungan untuk mengetahui adanya interaksi genotipe x lingkungan, dan untuk menentukan komponen ragam. Komponen ragam terdiri dari ragam lingkungan, ragam genotipe, dan ragam interaksi genotipe x lingkungan. Komponen ragam diterjemahkan menjadi kuadrat tengah harapan (KTH) mengikuti metode Hallauer and Miranda-Fo (1995). Nilai KTH genotipe digunakan untuk menduga ragam genotipe, sedangkan KTH lokasi menjadi ragam lingkungan dan KTH interaksi genotipe x lingkungan menjadi komponen ragam interaksi genotipe x lingkungan.

Stabilitas hasil setiap genotipe ditentukan dengan menggunakan metode Eberhart & Russell (1966), dan untuk uji beda antar nilai tengah digunakan uji beda nyata terkecil (BNT).

HASIL

Analisis ragam gabungan dilakukan terhadap semua karakter yang diamati (tinggi tanaman, umur berbunga dan masak, jumlah polong isi, berat biji per tanaman, hasil biji per hektar, dan berat 100 biji). Kuadrat tengah hasil analisis ragam gabungan disajikan pada Tabel 2.

Keragaman genetik yang ditunjukkan dengan kuadrat tengah genotipe, keragaman lingkungan yang ditunjukkan dengan kuadrat tengah lingkungan, dan

Tabel 1. Lokasi dan Waktu Tanam di Delapan Lokasi (*Locations and Planting Time at Eight Locations*)

No	Lokasi	Jenis lahan	Tanggal tanam
1	Desa. Muneng, Kec. Sumberasih Probolinggo	Lahan kering	MK I, 29 Maret 2012
2	Banyuwangi	Lahan sawah	MK I, 10 April 2012
3	Desa. Ngale, Kec. Paron., Ngawi	Lahan sawah	MK II, 1 Juli 2012
4	Desa. Sumberarjo, Kec. Prambanan, Sleman	Lahan sawah	MK II, 21 Juni 2012
5	Jember	Lahan sawah	MK I, 7 Mei 2012
6	Desa Kendalpayak, Kec. Pakisaji, Malang	Lahan sawah	MK I, 5 Maret 2012
7	Desa Rembiga, Kec. Selaparang, Mataram, NTB	Lahan sawah	MK II, 7 Juni 2012
8	Desa Sesela, Kec. Gunungsari .Lombok Barat, NTB	Lahan sawah	MK II, 7 Juni 2012

keragaman interaksi genotipe x lingkungan yang ditunjukkan dengan kuadrat tengah interaksi genotipe x lingkungan berpengaruh sangat nyata terhadap semua karakter yang diamati.

Komponen ragam genetik, lingkungan, dan interaksi genotipe x lingkungan dihitung dengan menggunakan nilai kuadrat tengah pada Tabel 2. Komponen ragam genotipe, ragam lingkungan, dan ragam interaksi genotipe x lingkungan disajikan pada Tabel 3.

Rerata tinggi tanaman setiap genotipe yang diuji di delapan lokasi disajikan pada Tabel 4. Rerata tinggi tanaman beragam dengan kisaran antara 34 cm hingga 63 cm, terendah dicapai genotipe IB/K-169-3 dan tertinggi dicapai Ringgit (Tabel 4). Lokasi L3 (Ngawi) memberikan rerata tinggi tanaman terendah (36 cm), dan L6 (Malang) memberikan rerata yang tertinggi (66 cm).

Umur berbunga setiap genotipe menunjukkan keragaman disetiap lokasi (Tabel 5). Rerata umur berbunga genotipe yang diuji beragam, dengan kisaran 32 hari (M/IB-895-2) hingga 36 hari (Ringgit). Rerata umur berbunga terendah dicapai di lokasi L2 (Banyuwangi), sedangkan tertinggi di L3 (Ngawi) dan L7 (Rembiga).

Umur masak genotipe yang diuji menunjukkan keragaman di masing-masing lingkungan, kecuali di L2 (Banyuwangi) dan L8 (Sesela-Lombok Barat) yang tidak menunjukkan keragaman (Tabel 6). Artinya, bahwa masing-masing genotipe yang diuji memberikan respon yang sama di lokasi L2 dan L8.

Keragaman umur masak antar lokasi atau lingkungan cukup tinggi, dengan kisaran antara 73 HST hingga 89 HST. Umur masak terpendek (genjah) diekspresikan oleh genotipe yang diuji di L3 (Ngawi), dan umur terpanjang (dalam) diekspresikan oleh genotipe yang diuji di L6 (Malang) (Tabel 6). Umur masak di L6 (Malang) tergolong panjang dibandingkan dengan tujuh lokasi lainnya. Berdasarkan hasil analisis komponen ragam (Tabel 3), umur masak lebih dominan dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Kondisi lingkungan di L3 (Ngawi) pada MK II (musim kering dua), yaitu bulan Juli - Oktober 2012 panas dan kering yang berbeda dengan kondisi lingkungan di L6 (Malang) pada MK I (Maret - Juni 2012) yang masih terjadi hujan, cuaca tidak terlalu panas, dan suhu juga tidak terlalu tinggi.

Jumlah polong isi setiap tanaman menunjukkan keragaman diantara genotipe dan lokasi (Tabel 7).

Tabel 2. Nilai Kuadrat Tengah Karakter Kuantitatif Genotipe Kedelai dari Delapan Lokasi .

Karakter	Kuadrat tengah		
	Genotipe (G)	Lingkungan (L)	Interaksi G x L
Tinggi tanaman	3649,82**	3688,83**	103,00**
Umur berbunga	53,27**	75,50**	11,84**
Umur masak	151,20**	888,61**	13,67**
Jumlah polong isi	1390,90**	3531,77**	209,99**
Bobot biji/tanaman	20,99**	361,61**	10,70**
Hasil biji/ha	0,95**	13,29**	0,66**
Bobot 100 biji	147,30**	126,73**	3,99**

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf uji 1%

Tabel 3. Ragam Genetik (σ^2_g), Lingkungan (σ^2_l), dan Interaksi Genotipe x Lingkungan (σ^2_{gl}) Karakter Kuantitatif Kedelai yang Diuji di Delapan Lokasi

Karakter	Ragam [<i>Variance</i> (σ^2)]		
	Genetik (G)	Lingkungan (L)	Interaksi G x L
Tinggi tanaman	110,84**	101,57**	22,14**
Umur berbunga	1,29**	2,01**	2,39**
Umur masak	4,30**	24,58**	2,52**
Jumlah polong isi	36,90**	97,49**	48,25**
Bobot biji/tanaman	0,32**	10,02**	2,53**
Hasil biji/ha	0,01**	0,37**	0,15**
Bobot 100 biji	4,48**	3,48*	0,81**

Keterangan: * dan ** berbeda nyata pada taraf uji 5% dan 1%

Tabel 4. Tinggi Tanaman Genotipe Kedelai di Delapan Lokasi, Tahun 2012

Genotipe	Tinggi tanaman (Cm)]								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Rerata
Malabar	50 d	42 bc	33 d	41 d	41 c	53 c	50 c	61 cd	46
Wilis	68 a	52 a	44 a	57 b	56 a	73 b	63 b	66 bc	60
Ringgit	69 a	51 a	45 a	57 b	61 a	90 a	64 ab	70 ab	63
IB/K-169-3	38 ef	30 d	24 f	28 e	32 d	50 cd	35 e	39 g	34
IB/M-872-1	36 f	29 d	28 e	29 e	30 d	45 d	42 d	50 f	36
M/IB-895-2	63 b	48 ab	43 ab	62 a	41 c	75 b	65 ab	67 bc	58
I/Argp-1048-13	57 c	36 cd	38 c	46 c	33 d	77 b	55 c	57 de	50
I/M-824-19	41 ef	39 c	28 e	38 d	40 c	54 c	42 d	54 ef	42
Agl/I-1114-8	59 c	41 c	40 bc	60 ab	48 b	76 b	69 a	76 a	58
Rerata	53	41	36	46	42	66	54	60	50
Koef. Keragaman (%)	4,35	12,13	7,56	6,94	9,12	7,02	6,51	7,43	
BNT 5%	3,39	7,22	3,96	4,69	5,64	6,72	5,10	6,49	

Keterangan : L1: Probolinggo, L2 : Banyuwangi, L3 : Ngawi, L4 : Sleman-DIY, L5 : Jember, L6 : Malang, L7 : Rembiga (Lombok Barat), dan L8 : Sesela (Lombok Barat), angka yang diikuti dengan huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%

Tabel 5. Umur Berbunga Genotipe Kedelai di Delapan Lokasi, Tahun 2012

Genotipe	Umur berbunga (HST)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Rerata
Malabar	30 f	31 a	35 b	32 d	38 ab	33 c	32 e	35 a	33
Wilis	34 c	33 a	36 b	36 bc	40 a	35 a	37 ab	33 a	35
Ringgit	36 a	33 a	39 a	40 a	30 e	34 b	39 a	37 a	36
IB/K-169-3	33 d	33 a	36 b	36 bc	36 bc	34 b	38 ab	35 a	35
IB/M-872-1	32 d	33 a	36 b	35 c	36 bc	35 a	35 cd	35 a	35
M/IB-895-2	30 ef	30 a	33 c	30 e	31 de	35 a	33 de	34 a	32
I/Argp-1048-13	35 b	32 a	36 b	37 b	38 ab	35 a	38 ab	34 a	35
I/M-824-19	34 bc	32 a	36 b	36 bc	34 cd	35 a	36 bc	34 a	35
Agl/I-1114-8	31 ef	31 a	36 b	35 c	34 cd	35 a	34 cde	35 a	34
Rerata	33	32	36	35	35	35	36	34	34
Koef. keragaman (%)	1,84	6,83	2,50	2,60	6,03	1,16	4,79	5,75	
BNT 5%	0,87	tn	1,31	1,33	3,08	0,59	2,50	tn	

Keterangan : L1: Probolinggo, L2 : Banyuwangi, L3 : Ngawi, L4 : Sleman-DIY, L5 : Jember, L6 : Malang, L7 : Rembiga (Lombok Barat), dan L8 : Sesela (Lombok Barat), angka yang diikuti dengan huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%

Jumlah polong isi terendah dicapai di lokasi L3 (Ngawi) sebanyak 22 polong/tanaman dan tertinggi dicapai di lokasi L2 (Banyuwangi) sebanyak 54 polong/tanaman. Varietas Ringgit menghasilkan polong terbanyak (50 polong/tanaman), sedangkan genotipe IB/K-169-3 dan IB/M-872-1 menghasilkan polong paling sedikit (31 polong/tanaman).

Bobot biji pertanaman genotipe yang diuji menunjukkan keragaman di masing-masing lokasi (Tabel 8). Rerata bobot biji per tanaman antar lokasi

berkisar antara 4,53 g/tanaman hingga 14,92 g/tanaman. Rerata bobot biji terendah dicapai di L3 (Ngawi) dan tertinggi di L2 (Banyuwangi). Berdasarkan nilai komponen ragam pada Tabel 3, bobot biji per tanaman lebih dominan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, dalam hal ini lingkungan di L3 (Ngawi) dan L5 (Banyuwangi).

Genotipe M/IB-895-2 memberikan hasil tertinggi di L1, L2, dan L4 masing-masing sebesar 2,78 t/ha, 3,63 t/ha, dan 2,82 t/ha. Wilis menunjukkan

Tabel 6. Umur Masak Genotipe Kedelai di Delapan Lokasi, Tahun 2012

Genotipe	Umur masak (HST)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Rerata
Malabar	75 e	77 a	68 e	72 e	80 d	83 c	73 d	75 ab	75
Wilis	79 bc	79 a	75 ab	86 a	86 ab	89 b	79 a	73 b	81
Ringgit	79 bc	80 a	76 a	85 a	85 ab	89 b	80 a	79 a	82
IB/K-169-3	81 a	79 a	73 c	82 a	86 ab	89 b	77 bc	73 b	80
IB/M-872-1	80 ab	80 a	75 ab	82 bc	84 b	89 b	76 c	79 a	81
M/IB-895-2	76 e	77 a	69 e	77 d	82 c	90 b	76 c	76 ab	78
I/Argp-1048-13	78 cd	80 a	77 a	85 ab	87 a	90 b	79 a	79 a	82
I/M-824-19	81 a	80 a	75 bc	81 c	86 a	92 a	79 ab	76 ab	81
Agl/I-1114-8	76 de	77 a	71 d	82 bc	82 c	89 b	78 ab	73 b	78
Rerata	78	79	73	81	84	89	77	76	80
Koef. keragaman (%)	1,45	3,53	1,58	2,63	1,30	1,12	1,39	4,30	
BNT 5%	1,66	tn	1,68	3,12	1,59	1,45	1,57	4,75	

Keterangan: L1: Probolinggo, L2 : Banyuwangi, L3 : Ngawi, L4 : Sleman-DIY, L5 : Jember, L6 : Malang, L7 : Rembiga (Lombok Barat), dan L8 : Sesela (Lombok Barat), angka yang diikuti dengan huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%

Tabel 7. Jumlah Polong Isi per Tanaman Genotipe Kedelai di Delapan Lokasi, Tahun 2012

Genotipe	Jumlah polong isi / tanaman								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Rerata
Malabar	40 bc	57 c	17 e	20 e	45 bc	33 e	33 abc	32 bc	35
Wilis	45 b	67 b	29 b	45 a	56 a	54 a	37 a	36 a	46
Ringgit	55 a	90 a	32 a	48 a	50 ab	47 bc	36 ab	38 a	50
IB/K-169-3	32 c	38 e	20 d	24 de	25 ef	41 d	32 bcd	34 ab	31
IB/M-872-1	41 b	41 e	20 d	25 de	31 de	34 e	30 cde	28 d	31
M/IB-895-2	38 bc	56 c	19 de	34 b	32 de	43 cd	27 de	27 d	34
I/Argp-1048-13	44 b	37 e	23 c	31 bc	21 f	49 ab	37 a	36 a	35
I/M-824-19	62 a	50 d	18 de	29 bcd	48 b	48 bc	30 cde	36 a	40
Agl/I-1114-8	39 bc	51 cd	20 d	27 cd	37 cd	50 ab	25 e	30 cd	35
Rerata	44	54	22	32	38	44	32	33	37
Koef. keragaman (%)	13,44	7,52	7,12	11,63	14,71	9,28	11,58	7,83	
BNT 5%	8,63	5,91	2,28	5,35	8,22	5,99	5,37	3,77	

Keterangan: L1: Probolinggo, L2 : Banyuwangi, L3 : Ngawi, L4 : Sleman-DIY, L5 : Jember, L6 : Malang, L7 : Rembiga (Lombok Barat), dan L8 : Sesela (Lombok Barat), angka yang diikuti dengan huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%

hasil tertinggi di L3 dan L7 sebesar 1,57 t/ha dan 2,95 t/ha, Ringgit di L5 dengan hasil 3,68 t/ha, dan I/Argp-1048-13 di L6 dan L8 dengan hasil 3,71 t/ha dan 3,21 t/ha. Genotipe M/IB-895-2, selain menampilkan hasil tertinggi di tiga lokasi (L1, L2, dan L4) juga mempunyai rerata hasil yang tertinggi dari delapan lokasi, yaitu 2,80 t/ha, dan hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang dicapai tiga varietas pembanding (Malabar, Wilis, dan Ringgit),

masing-masing sebesar 2,53 t/ha, 2,69 t/ha, dan 2,41 t/ha (Tabel 9).

Ukuran biji pada penelitian ini dinilai berdasarkan bobot 100 biji. Bobot 100 biji genotipe yang diuji menunjukkan keragaman diantara galur dan lokasi (Tabel 10). Ukuran biji lebih ditentukan oleh faktor genetik. Hal ini dilihat dari nilai ragam genetiknya yang lebih tinggi dibandingkan dengan ragam lingkungan, maupun interaksi genotipe x

Tabel 8. Bobot Biji per Tanaman Genotipe Kedelai di Delapan Lokasi, Tahun 2012

Genotipe	Bobot biji (g/tanaman)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Rerata
Malabar	6,68 ef	14,69 cd	3,80 d	4,68 e	13,47 a	8,52 d	7,58 def	7,69 d	8,39
Wilis	8,62 bc	18,22 a	5,39 a	8,00 e	12,00 bc	11,82 b	9,59 b	8,93 c	10,32
Ringgit	7,30 de	17,59 ab	4,46 bc	8,20 bc	14,06 a	8,07 de	7,07 f	8,88 c	9,45
IB/K-169-3	6,37 f	13,73 de	4,19 cd	5,19 e	11,38 cd	8,37 de	9,25 bc	9,17 c	8,46
IB/M-872-1	8,50 bc	12,61 ef	4,69 bc	6,45 d	13,60 a	7,37 e	8,45 cd	8,97 c	8,83
M/IB-895-2	9,07 bc	16,29 bc	4,52 bc	10,15 a	10,57 d	12,04 b	7,52 def	9,36 c	9,94
I/Argp-1048-13	8,98 bc	11,28 f	4,99 ab	8,99 bc	11,42 cd	15,15 a	10,67 a	13,77 a	10,66
I/M-824-19	11,75 a	13,72 de	4,23 cd	6,31 d	11,48 cd	10,31 c	8,10 de	9,51 c	9,43
Agl/I-1114-8	7,94 cd	16,12 bc	4,51 bc	7,89 c	13,14 ab	12,28 b	7,38 ef	10,79 b	10,01
Rerata	8,36	14,92	4,53	7,32	12,35	10,44	8,40	9,67	9,50
Koef. keragaman (%)	7,01	8,66	8,80	8,77	6,74	6,85	8,20	7,22	
BNT 5%	0,85	1,88	0,58	0,94	1,22	1,04	1,01	1,02	

Keterangan: L1 : Probolinggo, L2 : Banyuwangi, L3 : Ngawi, L4 : Sleman-DIY, L5 : Jember, L6 : Malang, L7 : Rembiga (Lombok Barat), dan L8 : Sesela (Lombok Barat), angka yang diikuti dengan huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%

Tabel 9. Hasil Biji Genotipe Kedelai di Delapan Lokasi, Tahun 2012

Genotipe	Hasil biji (t/ha)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Rerata
Malabar	2,32 abc	3,55 ab	0,83 f	1,68 e	3,48 abc	2,85 bc	2,79 ab	2,77 bc	2,53
Wilis	1,99 cd	3,17 abc	1,57 a	2,53 ab	3,57 ab	2,92 bc	2,95 a	2,80 bc	2,69
Ringgit	2,16 bc	3,01 bcd	1,01 ef	2,00 d	3,68 a	2,28 de	2,42 c	2,73 c	2,41
IB/K-169-3	1,66 d	2,49 d	1,40 abc	1,65 e	2,82 d	1,93 e	2,94 a	3,10 ab	2,25
IB/M-872-1	2,25 bc	2,61 cd	1,45 abc	1,94 de	2,85 d	2,18 de	2,93 a	3,25 ab	2,43
M/IB-895-2	2,78 a	3,63 a	1,12 de	2,82 a	3,17 bcd	3,32 ab	2,59 bc	2,96 abc	2,80
I/Argp-1048-13	2,60 abc	1,87 e	1,17 cde	2,20 cd	1,69 e	3,71 a	2,93 a	3,21 a	2,42
I/M-824-19	2,35 abc	2,70 cd	1,29 bcd	2,21 cd	2,97 d	2,60 cd	2,77 ab	3,02 abc	2,49
Agl/I-1114-8	2,43 abc	3,34 ab	1,39 abc	2,38 bc	3,07 cd	3,22 ab	2,73 ab	2,95 abc	2,69
Rerata	2,28	2,93	1,25	2,16	3,03	2,78	2,78	2,98	2,52
Koef. keragaman (%)	14,66	13,10	12,76	9,81	9,66	12,43	7,50	7,77	
BNT 5%	0,49	0,56	0,23	0,31	0,43	0,50	0,31	1,34	

Keterangan: L1 : Probolinggo, L2 : Banyuwangi, L3 : Ngawi, L4 : Sleman-DIY, L5 : Jember, L6 : Malang, L7 : Rembiga (Lombok Barat), dan L8 : Sesela (Lombok Barat), angka yang diikuti dengan huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%

lingkungan (3). Ukuran biji terbesar dicapai M/IB-895-2 dan Agl/I-1114-8, masing-masing 14,98 g dan 14,28 g. Berdasarkan bobot 100 biji, kedua genotipe tersebut digolongkan berbiji besar, karena mempunyai bobot 100 biji lebih dari 14 g.

Korelasi antar karakter menunjukkan bahwa hasil biji berkorelasi nyata dengan semua karakter yang diamati (Tabel 11), dengan sumbangan tertinggi berasal dari bobot biji pertanaman (0,78**), sedangkan sumbangan terbesar untuk bobot biji pertanaman berasal dari jumlah polong isi pertanaman (0,72**). Kisaran dan rerata hasil

beserta parameter stabilitas dari genotipe yang diuji disajikan pada Tabel 12.

Koefisien regresi (bi) genotipe yang diuji berkisar antara 0,72 (I/Argp-1048-13) hingga 1,43 (Malabar) dan tidak berbeda dengan 1, sedangkan nilai simpangan regresi (S^2_{di}) berkisar antara -0,01 hingga 0,59 (Tabel 12).

PEMBAHASAN

Analisis ragam gabungan (Tabel 2) menunjukkan adanya interaksi genotipe x lingkungan

Tabel 10. Bobot 100 Biji Genotipe Kedelai di Delapan Lokasi, Tahun 2012

Genotipe	Bobot 100 biji (g)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Rerata
Malabar	8,36 c	13,31 cd	11,01 a	11,26 c	14,89 c	11,68 c	11,82 cd	10,67 c	11,62
Wilis	7,26 d	11,60 e	8,26acd	9,11 d	10,04 e	10,59 d	10,00 e	11,98 bc	9,85
Ringgit	5,77 e	8,98 f	7,35 d	7,23 e	12,64 d	8,00 e	8,10 f	8,85 d	8,36
IB/K-169-3	10,81 b	14,79 bc	8,59 bc	10,69 c	16,08 b	10,47 d	12,30 bcd	11,77 bc	11,94
IB/M-872-1	10,01 b	12,60 de	9,34 b	9,84 d	15,37 bc	11,12 cd	13,15 bc	12,85 b	11,78
M/IB-895-2	12,24 a	17,78 a	11,02 a	13,89 a	18,34 a	15,14 a	16,78 a	14,64 a	14,98
I/Argp-1048-13	10,37 b	14,67 bc	11,63 a	13,73 a	16,06 b	14,73 a	13,65 b	15,37 a	13,78
I/M-824-19	7,39 d	12,70 de	9,29 b	9,64 d	13,39 d	11,93 c	10,76 de	10,68 c	10,72
Agl/I-1114-8	12,19 a	15,12 b	11,48 a	12,42 b	17,91 a	13,61 b	16,29 a	15,24 a	14,28
Rerata	9,38	13,50	9,77	10,87	14,97	11,92	12,54	12,45	11,92
Koef. Keragaman (%)	6,90	7,70	6,74	4,79	4,81	5,72	8,93	9,79	
BNT 5%	0,94	1,52	0,96	0,76	1,05	0,99	1,63	1,78	

Keterangan: L1: Probolinggo, L2 : Banyuwangi, L3 : Ngawi, L4 : Sleman-DIY, L5 : Jember, L6 : Malang, L7 : Rembiga (Lombok Barat), dan L8 : Sesela (Lombok Barat), angka yang diikuti dengan huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%

Tabel 11. Koefisien Korelasi antara Komponen Hasil dengan Hasil Sembilan Genotipe Kedelai

Karakter	Tinggi tanaman	Umur berbunga	Umur masak	Jumlah polong isi	Bobot biji/tanaman	Bobot 100 biji	Hasil biji
Tinggi tanaman	1,00						
Umur berbunga	-0,04	1,00					
Umur masak	0,25*	0,21	1,00				
Jumlah polong isi	0,34**	-0,20	0,39**	1,00			
Bobot biji/tanaman	0,17	-0,29*	0,37**	0,72**	1,00		
Bobot 100 biji	-0,03	-0,32**	0,08	-0,13	0,49**	1,00	
Hasil per hektar	0,41**	-0,25*	0,30**	0,54**	0,78**	0,48**	1,00

Tabel 12. Hasil Biji, Koefisien Regresi (b_i), dan Simpangan Regresi (S^2_{di}) Genotipe Kedelai

Galur	Kisaran hasil (t/ha)		Rata-rata hasil (t/ha)		b_i		S^2_{di}
Malabar	0,83	- 3,55		2,53	1,43	tn	0,07 **
Wilis	1,57	- 3,57		2,69	0,96	tn	0,07 **
Ringgit	1,01	- 3,68		2,41	1,16	tn	0,11 **
IB/K-169-3	1,40	- 3,10		2,25	0,90	tn	0,15 **
IB/M-872-1	1,45	- 3,25		2,43	0,85	tn	0,07 **
M/IB-895-2	1,12	- 3,63		2,80	1,09	tn	0,13 **
I/Argp-1048-13	1,17	- 3,71		2,42	0,72	tn	0,59 **
I/M-824-19	1,29	- 3,02		2,49	0,90	tn	-0,01 tn
Agl/I-1114-8	1,39	- 3,34		2,69	0,99	tn	0,02 tn

yang sangat nyata untuk semua karakter yang dipelajari. Besarnya nilai interaksi genotipe x lingkungan lebih tinggi dari kuadrat tengah lingkungan, menunjukkan perbedaan besar respon genotipe terhadap lingkungan untuk semua karakter. Hasil ini sesuai dengan temuan dari Dhillion *et al.* (2009) dan Jai Dev *et al.* (2009), yang menyatakan

bahwa adanya interaksi menunjukkan ketidakstabilan penampilan suatu varietas di berbagai lingkungan. Ketidakstabilan penampilan suatu genotipe ditunjukkan oleh perbedaan respon fenotipik yang mengakibatkan perubahan penampilan tanaman di setiap perubahan lingkungan, yang berpotensi menjadi pembatas dalam melakukan seleksi dan

dalam memberikan rekomendasi genotipe yang sesuai dengan lingkungan, terutama apabila terdapat perubahan peringkat diantara genotipe yang diuji (Navabi *et al.* 2006).

Perbedaan respon fenotipik ditunjukkan dengan perbedaan tinggi tanaman (Tabel 4), umur berbunga dan masak (Tabel 5 dan 6), jumlah polong isi (Tabel 7), bobot biji per tanaman (Tabel 8), hasil biji per satuan luas (Tabel 9), dan bobot 100 biji (Tabel 10). Berdasarkan nilai komponen ragam (Tabel 3), diketahui bahwa perbedaan tinggi tanaman dan bobot 100 biji lebih dominan disebabkan oleh faktor genetik, dimana nilai ragam genetik (σ^2_g) dari kedua karakter tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai ragam lingkungan (σ^2_l) maupun nilai ragam interaksi genotipe x lingkungan (σ^2_{gl}), sedangkan perbedaan karakter umur berbunga lebih dominan dikendalikan oleh interaksi genotipe x lingkungan karena nilai ragam interaksi genotipe x lingkungan (σ^2_{gl}) lebih tinggi dibandingkan dengan nilai σ^2_g maupun σ^2_l , umur masak, jumlah polong isi, bobot biji per tanaman, dan hasil biji per satuan luas lebih dominan dikendalikan oleh faktor lingkungan, karena nilai σ^2_l lebih tinggi dari nilai σ^2_g maupun σ^2_{gl} (Tabel 3).

Umur masak tergenjah pada penelitian ini dicapai di L3 (Ngawi) dan terdalam dicapai di L6 (Malang). Hal ini disebabkan perbedaan musim tanam, yang menyebabkan perbedaan kondisi lingkungan. Pengujian di L3 (Ngawi) berlangsung antara bulan Juli - Oktober (MK II), sedangkan di L6 (Malang) antara bulan Maret - Juni (MK I), yang keduanya mempunyai kondisi lingkungan yang berbeda. Pada periode Juli-Oktober dicirikan dengan cuaca panas, kondisi kering, dan suhu tinggi, sedangkan pada periode Maret-Juni dicirikan dengan cuaca tidak terlalu kering karena masih terjadi hujan. Suhu tinggi yang didukung dengan kondisi kering akan mempercepat pemasakan polong. Hal yang sama juga terjadi pada suhu tinggi yang dikombinasikan dengan kekeringan akan mengurangi umur masak, sebaliknya suhu rendah akan memperpanjang umur masak. (Hossain & da Silva 2012),

Bobot biji per tanaman terendah pada penelitian ini dicapai di L3 (Ngawi) sebesar 4,35 g/tanaman, dan tertinggi dicapai di L5 (Jember) sebesar 12,35 g/tanaman. Demikian juga dengan hasil biji per hektar. Hasil biji genotipe yang diuji berada pada kisaran antara 1,25 t/ha (L3: Ngawi) hingga 3,03 (L5:

Jember), dengan rerata 2,52 t/ha. Perbedaan hasil tersebut lebih dominan dipengaruhi faktor lingkungan (Tabel 3). Periode tanam di kedua lokasi berbeda, di L3 (Ngawi) pada MK II (Juli - Oktober) dan di L5 (Jember) pada MK I (Mei - Agustus). Kondisi pada MK II lebih panas dan kering dibandingkan pada MK I. Menurut Westcott and Jewison (2013), cuaca selama musim tanam sangat menentukan hasil jagung dan kedelai.

Hasil biji berkorelasi dengan karakter tinggi tanaman, umur masak, jumlah polong isi, bobot biji per tanaman, dan bobot 100 biji (Tabel 11). Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa hasil kedelai berkorelasi positif dengan luas daun, tinggi polong pertama, umur berbunga, umur masak, tinggi tanaman, jumlah cabang pertanaman, berat 100 polong dan biji perpolong. Oleh karena itu, peningkatan karakter tersebut pada akhirnya akan meningkatkan hasil biji. Karakter-karakter tersebut dapat dianggap sebagai kriteria seleksi dalam meningkatkan hasil kedelai (Aditya *et al.* 2011, Showkat & Tyagi 2010, Mebrahtu & Devine 2008, Malik *et al.* 2007).

Rerata hasil biji genotipe yang diuji berkisar antara 2,25 t/ha (IB/K-169-3) hingga 2,80 t/ha (M/IB-895-2). Genotipe M/IB-895-2 memberikan hasil tertinggi di L1 (Probolinggo), L2 (Banyuwangi), dan L4 (Sleman) masing-masing sebesar 2,78 t/ha, 3,63 t/ha, dan 2,82 t/ha, Wilis menunjukkan hasil tertinggi di L3 (Ngawi) dan L7 (Rembika) sebesar 1,57 t/ha dan 2,95 t/ha, Ringgit di L5 (Jember) dengan hasil 3,68 t/ha, dan I/Argp-1048-13 di L6 (Malang) dan L8 (Sesela) dengan hasil 3,71 t/ha dan 3,21 t/ha. Genotipe M/IB-895-2, selain menampilkan hasil tertinggi di tiga lokasi (L1, L2, dan L4) juga mempunyai rerata hasil yang tertinggi dari delapan lokasi, yaitu 2,80 t/ha, dan hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang dicapai tiga varietas pembanding (Malabar, Wilis, dan Ringgit), masing-masing sebesar 2,53 t/ha, 2,69 t/ha, dan 2,41 t/ha. Perbedaan capaian hasil biji tersebut menunjukkan adanya ketidakstabilan penampilan dari genotipe yang diuji.

Menurut Eberhart & Russell (1966), suatu genotipe dikatakan stabil apabila mempunyai nilai koefisien regresi (bi) dari nilai sifat/karakter terhadap indeks lingkungan sama dengan 1 (satu) dan simpangan regresi (S^2_{di}) tidak berbeda dengan 0 (nol). Berdasarkan nilai koefisien regresi (bi) dan simpangan regresi (S^2_{di}) pada Tabel 12 diketahui

bahwa genotipe I/M-824-19 dan Agl/I-1114-8 tergolong stabil, dengan nilai koefisien regresi (b_i) = 1 dan simpangan regresi (S^2_{di}) \neq nol, sedangkan tujuh genotipe lainnya dinilai tidak stabil. Dua genotipe yang tergolong stabil, satu diantaranya (Agl/I-1114-8) mempunyai rerata hasil lebih tinggi dari rerata hasil seluruh genotipe dan sama dengan Wilis yang merupakan varietas pembanding, sementara satu genotipe yang lain (I/M-824-19) mempunyai rerata hasil di bawah rerata hasil seluruh genotipe (Tabel 9). Sementara itu, Wilis dan M/IB-895-2 merupakan genotipe yang tidak stabil dengan rerata hasil di atas rerata hasil seluruh genotipe. Ketidakstabilan penampilan karakter agronomi termasuk hasil kedelai di beberapa lokasi (Rasyad & Idwar 2010; Zhe *et al.* 2010; Aremu *et al.* 2007, dan Sudaric *et al.* 2006). Ketidakstabilan karakter agronomik tersebut, disebabkan oleh perbedaan karakteristik lingkungan dari lokasi pengujian.

Menurut Gurmu *et al.* (2009), genotipe tidak stabil yang didukung dengan rerata hasil yang tinggi digolongkan pada genotipe yang beradaptasi sempit. Wilis dan M/IB-895-2 tergolong genotipe yang beradaptasi sempit. Wilis direkomendasikan untuk lokasi L2 (Banyuwangi), L3 (Ngawi), L4 (Sleman-DIY), L5 (Jember), dan L7 (Rembiga -Lombok Barat), sedangkan M/IB-895-2 direkomendasikan untuk lokasi L1 (Probolinggo), L2 (Banyuwangi), L4 (Sleman-DIY), L5 (Jember), dan L6 (Malang).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa interaksi genotipe x lingkungan berpengaruh nyata terhadap karakter agronomis seperti umur berbunga, umur masak, tinggi tanaman, jumlah polong isi, bobot biji pertanaman, hasil biji, dan bobot 100 biji. Namun demikian, berdasarkan nilai ragam, umur masak, jumlah polong isi, bobot biji per tanaman dan hasil biji lebih ditentukan oleh faktor lingkungan, tinggi tanaman dan bobot 100 biji (ukuran biji) lebih ditentukan oleh faktor genetik, sedangkan umur berbunga lebih ditentukan oleh faktor interaksi genotipe x lingkungan. Genotipe I/M-824-19 tergolong stabil dengan rerata hasil lebih rendah dari rerata hasil seluruh genotipe dan Agl/I-1114-8 tergolong stabil dengan rerata hasil lebih tinggi dari rerata hasil seluruh genotipe. Wilis dan M/IB-895-2 tergolong tidak stabil, namun memiliki rerata hasil di atas rerata hasil seluruh genotipe.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh kegiatan konsorsium Badan Litbang Pertanian. Diucapkan terimakasih kepada Sdr. Antoni yang telah membantu di dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, JP., P. Bhartiya & A. Bhartiya. 2011. Genetic Variability Heritability and Character Association for Yield and Component Characters in Soybean (*G. max* (L.) Merrill). *Journal of Central European Agriculture*. 12 (1):27-34.
- Aremu, CO., TA. Adebayo, MO. Yekunle & OJ. Ariyo. 2007. The Relative Discriminatory Ability of Techniques Measuring Genotype x Environmental Interaction in Soybean in Semi-arid and Rain-forest Environments of Nigeria. *Agricultural Journal*. 2:210-215.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2015. Luas panen kedelai menurut provinsi (ha), 1993-2015. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/870> (14 April 2016).
- Dhillon, SK., G. Singh, BS. Gill & P. Singh. 2009. Stability Analysis for Grain Yield and Its Components in Soybean (*Glycine max*. L. Merrill). *Crop Improvement*. 36(1): 55-58.
- Direktorat Jendral Tanaman Pangan. 2015. Petunjuk Teknis Pengelolaan Produksi Kedelai dan Bantuan Pemerintah Tahun Anggaran 2016. <http://tanamanpangan.pertanian.go.id/assets/front/uploads/document> (14 April 2016).
- Eberhart, SA. & WA. Russell. 1966. Stability Parameter for Comparing Varieties. *Crop Science*. 6:36-40.
- Gurmu, F., H. Mohammed & G. Alemaw. 2009. Genotype x Environment Interactions and Stability of Soybean for Grain Yield and Nutrition Quality. *African Crop Science Journal*. 17:87-99.
- Hallauer, AR. & JB. Miranda Filho. 1995. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. 2.ed. Ames: Iowa State University Press. Hossain, A. & JAT.
- Hosain, A. & JAT. da Silva. 2012. High Temperature Combined with Drought Affect Rainfed Spring Wheat and Barley in South-Eastern Russia: I. Phenology and Growth. *Saudi*

- Journal of Biological Sciences*. 19(4):473–487.
- Jai Dev, D. Anand, V. Kumari, VK. Sood, A. Singh, RP. Kaushal, JK. Jenjiha & OP. Sood. 2009. Genotype x Environment Interaction for Yield and Maturity in Soybean. *Crop Improvement*. 36(1): 59-63.
- Jandong, EA., MI. Uguru & BC. Oyiga. 2011. Determination of Yield Stability of Seven Soybean (*Glycine max*) Genotypes Across Diverse Soil pH Levels Using GGE Biplot Analysis. *Journal of Applied Biosciences*. 43: 2924–2941.
- Karasu, A., M. Oz, AT. Göksoy & ZM. Turan. 2009. Genotype by Environment Interactions, Stability, and Heritability of Seed Yield and Certain Agronomical Traits in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *African Journal of Biotechnology*. 8(4):580-590.
- Makinde, SCO. & OJ. Ariyo. 2011. Analysis of Genotype x Environment Interaction of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Malaysian Applied Biology Journal*. 40(2): 19–26.
- Malek, MA., MY. Rafii, MSS. Afroz, UK. Nath & MMA. Mondal. 2014. Morphological Characterization and Assessment of Genetic Variability, Character Association, and Divergence in Soybean Mutants. *The Scientific World Journal*. Article ID 968796, 12p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/968796> (Diunduh tanggal 14 September 2015).
- Malik, MFA., A. Ashraf, AS. Qureshi & A. Ghafoor. 2007. Assessment of Genetic Variability, Correlation and Path Analysis for Yield and Its Components in Soybean. *Pakistan Journal of Botany*. 93(2):405-413.
- Mebrahtu, T. & TE. Devine. 2008. Combining Ability Analysis for Selected Green Pod Yield Components of Vegetable Soybean Genotypes (*Glycine max*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 36 (2): 97-105.
- Navabi, A., RC. Yang, J. Helm & DM. Spawer. 2006. Can Spring Wheat Growing Mega-environments in the Northern Great Plain be Dissected for Representative Locations or Niche-adapted Genotypes? *Crop Science*. 46:1107-1116.
- PERMEN Pertanian RI No. 03/Permentan/OT.140/2/2015 tentang Pedoman Upaya Khusus (UPSUS) Peningkatan Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai melalui Program Perbaikan Jaringan Irigasi dan Sarana Pendukungnya Tahun Anggaran 2015.
- Popovic, V. 2010. Influence of Agro-technical and Agro-ecological Practices on Seed Production of Wheat, Maize and Soybean. University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Zemun, Belgrade, 5-15, 54-58. (Thesis). <http://www.incda-fundulea.ro/rar/nr33/rar33.7.pdf>
- Rasyad, A. & Idwar. 2010. Interaksi Genetik x Lingkungan dan Stabilitas Komponen Hasil Berbagai Genotipe Kedelai di Provinsi Riau. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 38(1):25 – 29.
- Reza, M., M. Armon, A. Shabani & A. Daryaei. 2007. Identification of Stability and Adaptability in Advanced Durum Genotypes Using AMMI Analysis. *Asian Journal of Plant Science*. 6 (8):1261-1268.
- Showkat, M. & SD. Tyagi. 2010. Correlation and Path Coefficient Analysis of Some Quantitative Traits in Soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Research Journal of Agricultural Science*. 1(2): 102-106.
- Sudaric, A., M. Vrataric & I. Rajcan. 2006. Evaluation of Agronomic Performance of Domestic and Exotic Soybean Germplasm in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2:1-7.
- Thanki, HP., SL. Sawargaonkar & BV. Hudge. 2010. Genotype x Environment interaction for Biometrical Traits in Pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) Under Varying Spacings. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1 (4):925-92.
- Westcott, PC. & M. Jewison. 2013. Weather Effects on Expected Corn and Soybean Yields. A Report from the Economic Research Service. United States Department of Agriculture. <http://www.ers.usda.gov/media/1152952/fds-13g-01.pdf> (14 April 2016).
- Yan, W. 2011. GGE Biplot vs AMMI Graphs for Genotype-by-environment Data Analysis. *Indian Society of Agricultural Statistics*. 65 (2):181-193.
- Zhe, Y., LG. Joseph, B. Roger & de Leon Natalia. 2010. Effects of Genotype x Environment Interaction on Agronomic Traits in Soybean. *Crop Science*. 50:696 – 702.